



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102854901 B

(45) 授权公告日 2015.02.11

(21) 申请号 201210148360.7

(22) 申请日 2012.05.14

(30) 优先权数据

2011-142764 2011.06.28 JP

(73) 专利权人 欧姆龙株式会社

地址 日本京都府

(72) 发明人 细见心一 岛村纯儿 若年哲司

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 胡金珑

(51) Int. Cl.

G05D 13/62 (2006.01)

(56) 对比文件

US 5267142 A, 1993.11.30,

US 5463296 A, 1995.10.31,

US 6084372 A, 2000.07.04,

EP 1221640 A2, 2002.10.07,

CN 10261509 A, 2008.09.10,

张杨等. simotion 在数字化对接系统中的多轴同步控制应用.《机电控制》.2010,(第23期),

西门子公司. simotion 同步运行功能介绍.《西门子操作手册》.2009,

西门子公司. simotion 同步运行功能介绍.《西门子操作手册》.2009,

西门子公司. SIMOTION CamTool

Configuration Manual.《西门子操作手册》.2007,

西门子公司. SIMOTION CamTool

Configuration Manual.《西门子操作手册》.2007,

审查员 左良军

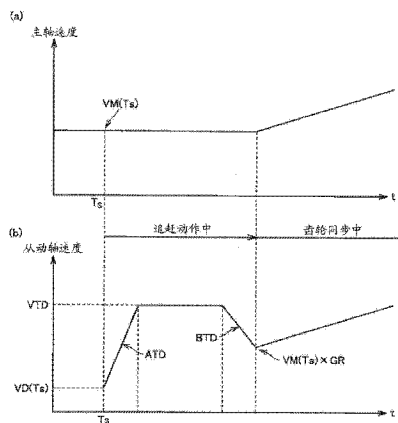
权利要求书1页 说明书11页 附图8页

(54) 发明名称

同步控制装置、同步控制方法

(57) 摘要

本发明提供一种同步控制装置、同步控制方法、同步控制程序以及记录了同步控制程序的计算机可读的记录介质,其能够缓和从动轴施加的冲击,且能够在同步开始位置可靠地开始同步控制。用户指令部(62)指定主轴和从动轴开始同步的同步开始位置。凸轮曲线生成部(64)生成凸轮曲线。检测部(65)检测每个控制周期的主轴的位置信息。控制部(66)在同步开始位置之前,基于凸轮曲线和主轴的位置信息,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值,在同步开始位置之后,基于主轴和从动轴的齿轮比,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值,并以计算出的速度指令值来控制从动轴。



1. 一种同步控制装置,在每个控制周期执行主轴和从动轴的同步控制,其中,所述同步控制装置包括:

指定部,指定主轴和从动轴开始同步的同步开始位置;

凸轮曲线生成部,生成凸轮曲线;

检测部,检测每个控制周期的所述主轴的位置信息;以及

控制部,在所述同步开始位置之前,基于所述凸轮曲线和所述主轴的位置信息,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值,在所述同步开始位置之后,基于主轴和从动轴的齿轮比,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值,

所述控制部以计算出的所述速度指令值来控制所述从动轴,

所述检测部进一步在每个控制周期取得从动轴的位置信息,

所述控制部进一步在每个控制周期,基于所述主轴的位置信息和所述从动轴的位置信息,维持所述目标速度的同时将所述目标加速度和目标减速度修改为维持在主轴和从动轴开始同步的同步开始位置,

所述凸轮曲线生成部进一步在每个控制周期,基于通过控制部而修改的所述目标加速度和目标减速度,生成所述凸轮曲线。

2. 一种同步控制方法,在每个控制周期执行主轴和从动轴的同步控制,其中,所述同步控制方法包括:

指定步骤,指定主轴和从动轴开始同步的同步开始位置;

凸轮曲线生成步骤,生成凸轮曲线;

检测步骤,检测每个控制周期的所述主轴的位置信息;

控制步骤,在所述同步开始位置之前,基于所述凸轮曲线和所述主轴的位置信息,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值,在所述同步开始位置之后,基于主轴和从动轴的齿轮比,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值;以及

以计算出的所述速度指令值来控制所述从动轴的步骤,

在所述检测步骤中,进一步在每个控制周期取得从动轴的位置信息,

在所述控制步骤中,进一步在每个控制周期,基于所述主轴的位置信息和所述从动轴的位置信息,维持所述目标速度的同时将所述目标加速度和目标减速度修改为维持在主轴和从动轴开始同步的同步开始位置,

在所述凸轮曲线生成步骤中,进一步在每个控制周期,基于通过控制步骤而修改的所述目标加速度和目标减速度,生成所述凸轮曲线。

## 同步控制装置、同步控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及同步控制装置、同步控制方法、同步控制程序以及记录了同步控制程序的计算机可读的记录介质,尤其涉及使主轴和从动轴根据任意的齿轮比来进行同步动作的同步控制装置、同步控制方法、同步控制程序以及记录了同步控制程序的计算机可读的记录介质。

### 背景技术

[0002] 可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller:以下,称为“PLC”)例如由执行用户程序的运算单元、负责来自外部的开关或传感器的信号输入和对于外部的继电器(relay)或致动器(actuator)的信号输出的 I/O (输入输出)单元等的多个单元构成。PLC 在这些单元之间,在每个用户程序执行循环,经由 PLC 系统总线和 / 或现场网络而进行数据的授受的同时,执行控制动作。

[0003] 作为机械、设备等的动作的控制,有时包括用于控制电动机的运动的动作控制。作为这样的动作控制的典型例,设想着定位表(table)或进行机器人等机械机构的定位的应用。

[0004] 在动作控制器中,同步动作或同步控制意味着主轴和从动轴保持着某种关系的同步动作的方式,一般包括凸轮(cam)动作或齿轮动作。凸轮动作是如下方式:在每个控制周期,从凸轮表中检索与主轴的位置(相位)对应的从动轴的位置(位移),从而决定从动轴的指令位置。齿轮动作是如下方式:将对主轴的速度乘以齿轮比的值作为从动轴的指令速度,从而决定从动轴的指令位置。

[0005] 接着,说明齿轮动作。

[0006] 为了使从动轴从停止的状态起到与主轴同步,需要以阶梯状地变化从动轴的速度。

[0007] 这对应于如下情况:在手动传送(manual transmission)方式的汽车中,将主轴换作引擎、将从动轴换作车轮来考虑的情况下,不半踩离合器而立即进行了齿轮变速的情况。即,若踩下离合器,则与对从动轴(=车轮)产生不合理的力的情况相同。为了缓和因这样的从动轴速度急剧变化而对从动轴施加的机械冲击,考虑降低主轴的速度的方法和在同步开始之前开始从动轴的动作的方法(以下,称为“追赶动作”)。

[0008] 在降低主轴的速度的方法中,存在装置的吞吐量(在单位时间内可处理的数目)减少或者在 CNC(Computerized Numerically Controlled,计算机数字控制机床)中加工精度下降等的问题。因此,实现追赶动作是非常重要的。作为实现例,例如在专利文献 1(日本专利第 3452899 号公报)中,公开了一种“追赶动作”的实现方法。即,在专利文献 1 中记载的动作方式中,预先定义了加减速的直线或曲线,从动轴在同步开始位置之前进行加减速,在同步开始位置之后主轴和从动轴同步。

[0009] 现有技术文献

[0010] 【专利文献】

[0011] 【专利文献 1】日本专利第 3452899 号公报

[0012] 但是,在专利文献 1(日本专利第 3452899 号公报)中,在追赶动作中,从动轴单独动作。因此,存在在追赶动作中主轴的速度产生了变化的情况下,不能在同步开始位置开始同步控制的问题。

[0013] 这是因为,专利文献 1(日本专利第 3452899 号公报)想要解决的课题是“缓和在同步开始时的从动轴的机械冲击”,并没有考虑追赶动作时的主轴的速度变化。

[0014] 在如 CNC(Computerized Numerically Controlled,计算机数字控制机床)工作机械这样主轴的速度微小的情况下,即使在追赶动作中主轴和从动轴没有同步,也有可能不会成为大的问题。但是,在所谓的通用动作控制器中,有时主轴的速度大幅变化。在这样的情况下,不能在同步开始位置开始同步控制。

## 发明内容

[0015] 因此,本发明的目的在于,提供一种同步控制装置、同步控制方法、同步控制程序以及记录了同步控制程序的计算机可读的记录介质,其能够缓和从动轴施加的冲击,且能够在同步开始位置可靠地开始同步控制。

[0016] 为了解决上述课题,本发明是一种同步控制装置,在每个控制周期执行主轴和从动轴的同步控制,其中,所述同步控制装置包括:指定部,指定主轴和从动轴开始同步的同步开始位置;凸轮曲线生成部,生成凸轮曲线;检测部,检测每个控制周期的主轴的位置信息;以及控制部,在同步开始位置之前,基于凸轮曲线和主轴的位置信息,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值,在同步开始位置之后,基于主轴和从动轴的齿轮比,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值,控制部以计算出的速度指令值来控制从动轴。

[0017] 优选地,凸轮曲线生成部基于在同步开始位置之前的期间中的指定的目标加速度、目标减速度、以及目标速度,生成凸轮曲线。

[0018] 此外,本发明是一种同步控制方法,在每个控制周期执行主轴和从动轴的同步控制,其中,所述同步控制方法包括:指定主轴和从动轴开始同步的同步开始位置的步骤;生成凸轮曲线的步骤;检测每个控制周期的主轴的位置信息的步骤;在同步开始位置之前,基于凸轮曲线和主轴的位置信息,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值,在同步开始位置之后,基于主轴和从动轴的齿轮比,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值的步骤;以及以计算出的速度指令值来控制从动轴的步骤。

[0019] 此外,本发明是一种同步控制程序,使计算机在每个控制周期执行主轴和从动轴的同步控制,其中,所述同步控制程序执行:指定主轴和从动轴开始同步的同步开始位置的步骤;生成凸轮曲线的步骤;检测每个控制周期的主轴的位置信息的步骤;在同步开始位置之前,基于凸轮曲线和主轴的位置信息,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值,在同步开始位置之后,基于主轴和从动轴的齿轮比,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值的步骤;以及以计算出的速度指令值来控制从动轴的步骤。

[0020] 此外,本发明是一种记录了同步控制程序的计算机可读的记录介质,所述同步控制程序使计算机在每个控制周期执行主轴和从动轴的同步控制,其中,所述同步控制程序执行:指定主轴和从动轴开始同步的同步开始位置的步骤;生成凸轮曲线的步骤;检测每个控制周期的主轴的位置信息的步骤;在同步开始位置之前,基于凸轮曲线和主轴的位

置信息,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值,在同步开始位置之后,基于主轴和从动轴的齿轮比,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值的步骤;以及以计算出的速度指令值来控制从动轴的步骤。

[0021] 根据本发明,能够缓和和对从动轴施加的冲击,且能够在同步开始位置可靠地开始同步控制。

## 附图说明

[0022] 图 1 是表示 PLC 系统的概略结构的示意图。

[0023] 图 2 是表示 CPU 单元的硬件结构的示意图。

[0024] 图 3 是表示在 CPU 单元中执行的软件结构的示意图。

[0025] 图 4 是表示同步控制装置的结构图。

[0026] 图 5 (a) 和 (b) 是表示凸轮曲线的例子的图。

[0027] 图 6 是表示第一实施方式的同步控制的动作步骤的流程图。

[0028] 图 7 是表示第二实施方式的同步控制的动作步骤的流程图。

[0029] 图 8 (a) 和 (b) 是表示凸轮曲线的例子的图。

[0030] 标号说明

[0031] 1PLC、2 现场网络、3、69、70 伺服电动机驱动器、4 伺服电动机、5 终端、6 检测开关、7 继电器、8PLC 支持装置、10 连接电缆、11 系统总线、12 电源单元、13、14、53 I/O 单元、15 特殊单元、51 终端总线、52 通信耦合器、53 I/O 单元、61 同步控制装置、62 用户指令部、63 调度部、64 凸轮曲线生成部、65 检测部、66 控制部、67、68 编码器、100 微处理器、102 芯片组、104 主存储器、106 非易失性存储器、108 系统定时器、110 连接器、120 系统总线控制器、122、142 控制电路、124 系统总线控制电路、126、146 缓存存储器、130 系统总线连接器、140 现场网络控制器、144 现场网络控制电路、200 实时 OS、210、220 系统程序、212 调度器程序、230 控制程序、232 时序命令运算程序、234 动作运算程序、SYS 系统。

## 具体实施方式

[0032] 以下,参照附图说明本发明的实施方式。

[0033] 【第一实施方式】

[0034] 参照附图详细说明本发明的实施方式。另外,关于图中的相同或者相等部分,赋予相同的符号并不重复其说明。

[0035] <A. 系统结构>

[0036] 本实施方式的 PLC (可编程逻辑控制器) 具有用于控制电动机的运动的动作控制功能。首先,参照图 1,说明本实施方式的 PLC1 的系统结构。

[0037] 图 1 是表示本发明的实施方式的 PLC 系统的概略结构的示意图。参照图 1,PLC 系统 SYS 包括 PLC1、经由现场网络(field network) 2 与 PLC1 连接的伺服电动机驱动器 3 以及远程 I/O 终端 5、作为现场设备的检测开关 6 以及继电器 7。此外,在 PLC1 上,经由连接电缆 10 等而连接了 PLC 支持装置 8。

[0038] PLC1 包括执行主要的运算处理的 CPU 单元 13、一个以上的 I/O 单元 14 以及特殊单元 15。这些单元经由 PLC 系统总线 11,能够相互交换数据。此外,通过电源单元 12,对这些

单元提供适当的电压的电源。

[0039] 参照图 2,在后面叙述 CPU 单元 13 的细节。

[0040] IO 单元 14 是有关一般的输入输出处理的单元,负责 ON/OFF 这样被称为二值化的数据的输入输出。即,IO 单元 14 收集检测开关 6 等的传感器处于正在检测某种对象物的状态(ON)和不检测任何对象物的状态(OFF)中的哪个状态的信息。此外,IO 单元 14 对继电器 7 或致动器这样的输出目标,输出用于使其有效的指令(ON)和用于使其无效的指令(OFF)中的其中一个。

[0041] 特殊单元 15 具有模拟数据的输入输出、温度控制、特定的通信方式的通信等在 IO 单元 14 中不支持的功能。

[0042] 现场网络 2 传输用于与 CPU 单元 13 交换的各种数据。作为现场网络 2,典型地,能够使用各种产业用以太网(注册商标)。

[0043] 另外,在图 1 中,例示了包括 PLC 系统总线 11 和现场网络 2 的两者的 PLC 系统 SYS,但也可以采用仅搭载其中一个的系统结构。例如,也可以使用现场网络 2 连接全部单元。或者,也可以不使用现场网络 2,将伺服电动机驱动器 3 直接连接到 PLC 系统总线 11。此外,也可以将现场网络 2 的通信单元连接到 PLC 系统总线 11,从 CPU 单元 13 经由该通信单元,与连接到现场网络 2 的设备之间进行通信。

[0044] 伺服电动机驱动器 3 经由现场网络 2 与 CPU 单元 13 连接,且根据来自 CPU 单元 13 的指令值而驱动伺服电动机 4。更具体地说,伺服电动机驱动器 3 以一定周期,从 PLC1 接受位置指令值、速度指令值、转矩指令值这样的指令值。此外,伺服电动机驱动器 3 根据连接到伺服电动机 4 的轴的位置传感器(回转式编码器)或转矩传感器这样的检测器,取得位置、速度(典型地,根据本次位置和前次位置之差而计算出)、转矩这样的有关伺服电动机 4 的运动的实测值。然后,伺服电动机驱动器 3 将来自 CPU 单元 13 的指令值设定为目标值,将实测值作为反馈值,进行反馈控制。即,伺服电动机驱动器 3 调整用于驱动伺服电动机 4 的电流,使得实测值接近目标值。另外,伺服电动机驱动器 3 也被称为伺服电动机放大器。

[0045] 此外,在图 1 中表示了将伺服电动机 4 和伺服电动机驱动器 3 进行了组合的系统的例子,但也可以采用其他的结构,例如也可以采用将脉冲电动机和脉冲电动机驱动器进行了组合的系统。

[0046] 在图 1 所示的 PLC 系统 SYS 的现场网络 2 中,还连接了远程 IO 终端 5。远程 IO 终端 5 基本上与 IO 单元 14 同样地,进行有关一般的输入输出处理的处理。更具体地说,远程 IO 终端 5 包括用于进行与在现场网络 2 中的数据交换有关的处理的通信耦合器(coupler) 52 以及一个以上的 IO 单元 53。这些单元能够经由远程 IO 终端总线 51 相互交换数据。

[0047] <B. CPU 单元的硬件结构>

[0048] 接着,参照图 2 说明 CPU 单元 13 的硬件结构。图 2 是表示本发明的实施方式的 CPU 单元 13 的硬件结构的示意图。

[0049] 参照图 2, CPU 单元 13 包括微处理器 100、芯片组 102、主存储器 104、非易失性存储器 106、系统定时器 108、PLC 系统总线控制器 120、现场网络控制器 140、USB 连接器 110。芯片组 102 和其他的部件之间经由各个总线分别耦合。

[0050] 微处理器 100 和芯片组 102 典型地基于通用的计算机结构而构成。即,微处理器 100 对从芯片组 102 根据内部时钟而依次提供的命令代码进行分析并执行。芯片组 102 在

与所连接的各种部件之间交换内部数据,且生成微处理器 100 所需的命令代码。此外,芯片组 102 具有用于对在微处理器 100 中的运算处理的执行的结果所得到的数据等进行高速缓存(cache)的功能。

[0051] CPU 单元 13 作为存储部件而包括主存储器 104 以及非易失性存储器 106。

[0052] 主存储器 104 是易失性的存储区域(RAM),在接通了对于 CPU 单元 13 的电源之后,保持应在微处理器 100 中执行的各种程序。此外,主存储器 104 还用作微处理器 100 执行各种程序时的作业用存储器。作为这样的主存储器 104,使用 DRAM (动态随机存取存储器)或 SRAM (静态随机存取存储器)的设备。

[0053] 另一方面,非易失性存储器 106 以非易失方式保持实时 OS (操作系统)、PLC1 的系统程序、用户程序、动作运算程序、系统设定参数这样的数据。这些程序或数据以微处理器 100 能够根据需要进行访问的方式复制到主存储器 104 中。作为这样的非易失性存储器 106,能够使用闪速存储器这样的半导体存储器。或者,还能够使用硬盘驱动器这样的磁记录介质或 DVD-RAM (数字视盘随机存取存储器)这样的光学记录介质等。

[0054] 系统定时器 108 在每一定周期产生中断信号并提供给微处理器 100。典型地说,根据硬件的规格,以多个不同的周期分别产生中断信号,但也可以设定为根据 OS (操作系统)或 BIOS (基本输入输出系统)等而以任意周期产生中断信号。利用该系统定时器 108 产生的中断信号,实现后述的每个控制循环的控制动作。

[0055] 作为通信电路,CPU 单元 13 包括 PLC 系统总线控制器 120 和现场网络控制器 140。

[0056] PLC 系统总线控制器 120 控制经由了 PLC 系统总线 11 的数据的交换。更具体地说,PLC 系统总线控制器 120 包括 DMA (动态存储器存取)控制电路 122、PLC 系统总线控制电路 124 以及缓存存储器 126。另外,PLC 系统总线控制器 120 经由 PLC 系统总线连接器 130 与 PLC 系统总线 11 在内部连接。

[0057] 缓存存储器 126 作为经由 PLC 系统总线 11 而输出到其他的单元的数据(以下,也称为“输出数据”)的发送缓存以及经由 PLC 系统总线 11 而从其他的单元输入的数据(以下,也称为“输入数据”)的接收缓存起作用。另外,通过微处理器 100 的运算处理而生成的输出数据原本存储在主存储器 104 中。然后,应传送到特定的单元的输出数据从主存储器 104 中读出,暂时保持在缓存存储器 126 中。此外,从其他的单元传送的输入数据暂时保持在缓存存储器 126 之后,转移到主存储器 104 中。

[0058] DMA 控制电路 122 进行从主存储器 104 到缓存存储器 126 的输出数据的传送以及从缓存存储器 126 到主存储器 104 的输入数据的传送。

[0059] PLC 系统总线控制电路 124 在与连接到 PLC 系统总线 11 的其他的单元之间,进行发送缓存存储器 126 的输出数据的处理以及接收输入数据而存储在缓存存储器 126 中的处理。典型地说,PLC 系统总线控制电路 124 提供 PLC 系统总线 11 中的物理层以及数据链路层的功能。

[0060] 现场网络控制器 140 控制经由了现场网络 2 的数据的交换。即,现场网络控制器 140 根据所使用的现场网络 2 的标准,控制输出数据的发送和输入数据的接收。由此,本实施方式的 CPU 单元 13 经由现场网络 2 与作为驱动装置的伺服电动机驱动器 3 连接。

[0061] DMA 控制电路 142 进行从主存储器 104 到缓存存储器 146 的输出数据的传送以及从缓存存储器 146 到主存储器 104 的输入数据的传送。

[0062] 现场网络控制电路 144 在与连接到现场网络 2 的其他的装置之间,进行发送缓存存储器 146 的输出数据的处理以及接收输入数据而存储在缓存存储器 146 中的处理。典型地说,现场网络控制电路 144 提供现场网络 2 中的物理层以及数据链路层的功能。

[0063] USB 连接器 110 是用于连接 PLC 支持装置 8 和 CPU 单元 13 的接口。典型地说,从 PLC 支持装置 8 传送的、可在 CPU 单元 13 的微处理器 100 中执行的程序等,经由 USB 连接器 110 而读入 PLC1 中。

[0064] <C. CPU 单元的软件结构 >

[0065] 接着,参照图 3 说明用于提供本实施方式的各种功能的软件组。在这些软件中包含的命令代码在适当的定时读出,由 CPU 单元 13 的微处理器 100 执行。

[0066] 图 3 是表示在本发明的实施方式的 CPU 单元 13 中执行的软件结构的示意图。参照图 3,作为在 CPU 单元 13 中执行的软件,成为实时 OS200、系统程序 210 以及用户程序 236 的 3 层。

[0067] 实时 OS200 根据 CPU 单元 13 的计算机结构而设计,提供用于微处理器 100 执行系统程序 210 和用户程序 236 的基本的执行环境。典型地,由 PLC 的厂家或者专门的软件公司等提供该实时 OS200。

[0068] 系统程序 210 是用于提供作为 PLC1 的功能的软件组。具体地说,系统程序 210 包括调度器程序 212、输出处理程序 214、输入处理程序 216、时序命令运算程序 232、动作运算程序 234 以及其他的系统程序 220。另外,由于一般输出处理程序 214 和输入处理程序 216 是连续地(作为一体)执行,所以存在将这些程序统称为 IO 处理程序 218 的情况。

[0069] 用户程序 236 根据用户的控制目的而生成。即,根据要使用 PLC 系统 SYS 而控制的对象的线路(处理)等,任意地设计而成的程序。

[0070] 如后所述,用户程序 236 与时序命令运算程序 232 和动作运算程序 234 协作而实现用户的控制目的。即,用户程序 236 通过利用由时序命令运算程序 232 以及动作运算程序 234 所提供的命令、函数、功能模块等,实现被编程的动作。因此,也存在将用户程序 236、时序命令运算程序 232 以及动作运算程序 234 统称为控制程序 230 的情况。

[0071] 由此,CPU 单元 13 的微处理器 100 执行在存储部件中存储的系统程序 210 以及用户程序 236。

[0072] 以下,进一步详细说明各个程序。

[0073] 如上所述,用户程序 236 根据用户的控制目的(例如,对象的线路或处理)而生成。用户程序 236 典型地成为可在 CPU 单元 13 的微处理器 100 中执行的对象程序形式。通过在 PLC 支持装置 8 等中,编译由梯形语言等描述的源程序而生成该用户程序 236。然后,生成的对象程序形式的用户程序 236 从 PLC 支持装置 8 经由连接电缆 10 而传送到 CPU 单元 13,存储在非易失性存储器 106 等中。

[0074] 调度器程序 212 关于输出处理程序 214、输入处理程序 216 以及控制程序 230,控制在各个执行循环中的处理开始和处理中断之后的处理再次开始。更具体地说,调度器程序 212 控制用户程序 236 以及动作运算程序 234 的执行。

[0075] 输出处理程序 214 将通过用户程序 236 (控制程序 230) 的执行而生成的输出数据,再次配置为适合传送到 PLC 系统总线控制器 120 和 / 或现场网络控制器 140 的形式。在 PLC 系统总线控制器 120 和 / 或现场网络控制器 140 需要来自微处理器 100 的、用于执行发



送的指示的情况下,输出处理程序 214 执行这样的指示。

[0076] 输入处理程序 216 将由 PLC 系统总线控制器 120 和 / 或现场网络控制器 140 接收到的输入数据,再次配置为适合控制程序 230 使用的形式。

[0077] 时序命令运算程序 232 是如下程序:在用户程序 236 中使用的某种时序命令被执行时调用,并用于实现该命令的内容而执行。

[0078] 动作运算程序 234 是如下程序:根据用户程序 236 的指示而执行,并计算对伺服电动机驱动器 3 或脉冲电动机驱动器这样的电动机驱动器输出的指令值。

[0079] 其他的系统程序 220 是将除了图 3 中分别示出的程序以外的、用于实现 PLC1 的各种功能的程序组汇总而示出的程序。其他的系统程序 220 包括设定动作控制循环的周期的程序 222。能够根据控制目的而适当设定动作控制循环的周期。设定动作控制循环的周期的程序 222 设定系统定时器 108,使得以从系统定时器 108 指定的动作控制循环的周期产生中断信号。通过在接通对于 CPU 单元 13 的电源时执行用于设定动作控制循环的周期的程序 222,从而从非易失性存储器 106 中读出用于指定动作控制循环的周期的信息,根据所读出的信息而设定系统定时器 108。

[0080] 实时 OS200 提供用于随着时间的经过而切换多个程序而执行的环境。

[0081] <D. 动作控制的概略 >

[0082] 接着,说明在上述的用户程序 236 中包含的典型的结构。用户程序 236 包括周期性地判断与电动机的运动有关的控制开始的条件是否成立的命令。例如,是用于判断根据电动机的驱动力而进行某种处置的工件(work)是否搬运至规定的处置位置的逻辑。并且,用户程序 236 还包括以下命令:响应于被判断为该控制开始的条件成立的情况,开始动作控制的命令。随着该动作控制的开始,指示动作命令的执行。于是,与被指示的动作命令对应的动作运算程序 234 启动,首先,在每次执行动作运算程序 234 时,执行用于计算对于电动机的指令值所需的初始处理。此外,在与初始处理相同的动作控制循环中,计算在第 1 循环中的指令值。因此,初始处理和第 1 个指令值计算处理成为启动的动作运算程序 234 应在第 1 个执行中进行的处理。之后,依次计算在各个循环中的指令值。

[0083] <E. 同步控制的概略 >

[0084] 图 4 是表示同步控制装置的结构图。

[0085] 如图 4 所示,同步控制装置 61 包括用户指令部 62、调度部 63、凸轮曲线生成部 64、检测部 65、控制部 66。这些结构元素通过控制程序 230、设定动作控制循环的周期的程序 222、以及调度器程序 212 实现。

[0086] 调度部 63 控制控制周期的定时、用户指令部 63 以及同步处理整体的定时。调度部 63 在比同步开始时刻早的定时,使从动轴执行追赶主轴的动作(以下,称为追赶动作)。

[0087] 用户指令部 62 输入用户指定的同步开始主轴位置 SPM、同步开始从动轴位置 SPD、齿轮比 GR、追赶动作中的目标速度 VTD、目标加速度 ATD、目标减速度 BTD 的指令值,并在调度部 63 的指令定时反映到凸轮曲线生成部 64 以及控制部 66 的处理。同步开始主轴位置 SPM 以及同步开始从动轴位置 SPD 表示在从动轴和主轴同步的时刻的主轴的位置、从动轴的位置。此外,用户指令部 62 指示同步控制的开始。

[0088] 检测部 65 基于来自主轴用的编码器 67 和从动轴用的编码器 68 的脉冲的计数值,检测主轴的位置、从动轴的位置、主轴的速度、从动轴的速度。

[0089] 凸轮曲线生成部 64 作为齿轮同步开始时的速度,计算对追赶动作开始时的主轴的速度  $VM(Ts)$  乘以齿轮比  $GR$  而得的速度。凸轮曲线生成部 64 使用目标速度  $VTD$ 、目标加速度  $ATD$ 、目标减速度  $BTD$ 、追赶动作开始时的从动轴的速度  $VD(Ts)$  以及计算出的齿轮同步开始时的速度,生成如图 5 所示那样的凸轮曲线。

[0090] 在本实施方式中,凸轮曲线表示对于时间位移的从动轴的速度。

[0091] 控制部 66 在追赶动作时,基于凸轮曲线和主轴的位置信息(具体地说,追赶动作开始之后的移动量),在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值和位置指令值,并输出到从动轴用的伺服电动机驱动器 70。控制部 66 在追赶动作结束后的同步控制时,基于主轴的速度和齿轮比,在每个控制周期计算对于从动轴的速度指令值和位置指令值,并输出到从动轴用的伺服电动机驱动器 70。

[0092] (同步控制的动作)

[0093] 图 6 是表示第一实施方式的同步控制的动作步骤的流程图。

[0094] 首先,用户指令值 62 输入由用户指定的同步开始主轴位置  $SPM$ 、同步开始从动轴位置  $SPD$ 、齿轮比  $GR$ 、目标速度  $VTD$ 、目标加速度  $ATD$ 、目标减速度  $BTD$  的指令值(步骤  $S101$ )。

[0095] 接着,调度部 63 指示从动轴的追赶动作的开始(步骤  $S102$ )。

[0096] 检测部 65 在指示了开始的时刻  $Ts$ ,取得来自自主轴用的编码器 67 的脉冲的计数值(位置)而设为主轴的位置  $PM(Ts)$ ,并根据取得的计数值的时间微分(时间差分)计算主轴的速度  $VM(Ts)$ 。此外,检测部 65 在指示了开始的时刻  $Ts$ ,取得来自从动轴用的编码器 68 的脉冲的计数值(位置)而设为从动轴的位置  $PD(Ts)$ ,并根据取得的计数值的时间微分(时间差分)计算从动轴的速度  $VD(Ts)$ (步骤  $S103$ )。

[0097] 接着,凸轮曲线生成部 64 使用目标速度  $VTD$ 、目标加速度  $ATD$ 、目标减速度  $BTD$ 、追赶动作开始时的从动轴的速度  $VD(Ts)$ 、对追赶动作开始时的主轴的速度  $VM(Ts)$  乘以齿轮比  $GR$  而得的速度,生成如图 5 所示的凸轮曲线(速度轮廓)(步骤  $S104$ )。

[0098] 检测部 65 取得来自自主轴用的编码器 67 的脉冲的计数值(位置)而设为主轴的位置  $PM(i)$ 。此外,检测部 65 取得来自从动轴用的编码器 68 的脉冲的计数值(位置)而设为从动轴的位置  $PD(i)$ (步骤  $S105$ )。

[0099] 在不满足检测出的主轴的位置  $PM(i)$  与同步开始主轴位置  $SPM$  相同且检测出的从动轴的位置  $PD(i)$  与同步开始从动轴位置  $SPD$  相同的条件的情况下(在步骤  $S106$  中“否”),调度部 63 通过以下的步骤而继续执行追赶动作。

[0100] 控制部 66 基于凸轮曲线和追赶动作开始之后的主轴的移动量( $PM(i)-PM(Ts)$ ),计算在当前的动作控制周期中的从动轴的速度指令值和位置指令值。具体地说,控制部 66 在主轴的移动量为  $P$  时,作为从动轴的速度指令值而计算在对凸轮曲线进行了积分的值成为  $P$  时的从动轴的速度。此外,控制部 66 对从动轴的速度指令值进行积分,并将积分的值设为从动轴的位置指令值(步骤  $S107$ )。

[0101] 控制部 66 对从动轴用的伺服电动机驱动器 70 输出速度指令值和位置指令值(步骤  $S108$ )。

[0102] 调度部 63 在直到下一个动作控制循环到来为止指示待机。若下一个动作控制循环到来,则增加  $i$ (步骤  $S109$ )。

[0103] 另一方面,在满足检测出的主轴的位置  $PM(i)$  与同步开始主轴位置  $SPM$  相同且检

测出的从动轴的位置  $PD(i)$  与同步开始从动轴位置  $SPD$  相同的条件的情况下(在步骤 S106 中“是”),调度部 63 结束追赶动作,并通过以下的步骤而执行齿轮动作。

[0104] 检测部 65 取得来自主轴用的编码器 67 的脉冲的计数值(位置),并根据取得的计数值的时间微分(时间差分),计算主轴的速度  $VM(i)$  (步骤 S110)。

[0105] 控制部 66 通过将检测出的主轴的速度  $VM(i)$  和齿轮比  $GR$  相乘,从而计算从动轴的速度指令值。此外,控制部 66 对从动轴的速度指令值进行积分,并将积分的值设为从动轴的位置指令值(步骤 S111)。

[0106] 控制部 66 对从动轴用的伺服电动机驱动器 70 输出速度指令值和位置指令值(步骤 S112)。

[0107] 调度部 63 在直到下一个动作控制循环到来为止指示待机(步骤 S113)。

[0108] 调度部 63 在齿轮动作结束的结束动作成立之前(在步骤 S114 中“是”),继续步骤 S110~S113 的齿轮动作。

[0109] 如上所述,在本实施方式中,由于在使用了凸轮曲线的同步动作中实现“追赶动作”,在同步开始位置之后,进行使用了齿轮比的同步动作,所以即使在从动轴的“追赶动作”中主轴的速度变化,从动轴的速度也与主轴的速度同步地变化,所以能够在同步开始位置开始同步。保证在“同步开始主轴位置”、“同步开始从动轴位置”中可靠地转移到同步状态(开始齿轮动作)。

#### [0110] 【第二实施方式】

[0111] 在第二实施方式中,说明进一步将用于在主轴的速度从追赶动作时变化时,主轴和从动轴在指定的位置取得同步的方法进行了具体化的方法。

[0112] 图 7 是表示第二实施方式的同步控制的动作步骤的流程图。

[0113] 首先,用户指令值 62 输入用户指定的同步开始主轴位置  $SPM$ 、同步开始从动轴位置  $SPD$ 、齿轮比  $GR$ 、目标速度  $VTD$ 、目标加速度  $ATD$ 、目标减速度  $BTD$  的指令值(步骤 S101)。

[0114] 接着,调度部 63 指示从动轴的追赶动作的开始(步骤 S102)。

[0115] 检测部 65 在指示了开始的时刻  $T_s$ ,取得来自主轴用的编码器 67 的脉冲的计数值(位置)而设为主轴的位置  $PM(T_s)$ ,并根据取得的计数值的时间微分(时间差分)计算主轴的速度  $VM(T_s)$ 。此外,检测部 65 在指示了开始的时刻  $T_s$ ,取得来自从动轴用的编码器 68 的脉冲的计数值(位置)而设为从动轴的位置  $PD(T_s)$ ,并根据取得的计数值的时间微分(时间差分)计算从动轴的速度  $VD(T_s)$ 。

[0116] 控制部 66 根据同步开始主轴位置  $SPM$  和主轴的位置  $PM(T_s)$ ,计算同步开始之前的主轴的移动量  $SSPM$ ,并根据同步开始从动轴位置  $SPD$  和从动轴的位置  $PD(T_s)$ ,计算同步开始之前的从动轴的移动量  $SSPD$ 。控制部 66 将从动轴的移动量  $SSPD$  除以主轴的移动量  $SSPM$ ,从而计算移动量比  $PR$ 。

[0117] 此外,控制部 66 根据主轴的速度  $VM(T_s)$  和同步开始之前的主轴的移动量  $SSPM$ ,确定同步开始时刻  $T_e$ 。此外,控制部 66 维持目标速度  $VTD$  的同时将目标加速度  $ATD$  和目标减速度  $BTD$  的值分别修改为  $ATD'$  和  $BTD'$ ,使得在同步开始时刻  $T_e$  之前从动轴仅移动移动量  $SSPD$  (步骤 S203)。

[0118] 接着,凸轮曲线生成部 64 使用目标速度  $VTD$ 、目标加速度  $ATD'$ 、目标减速度  $BTD'$ 、追赶动作开始时的从动轴的速度  $VD(T_s)$ 、对追赶动作开始时的主轴的速度  $VM(T_s)$  乘以齿

轮比 GR 而得的速度,生成如图 8 所示的凸轮曲线(速度轮廓)(步骤 S204)。

[0119] 检测部 65 取得来自主轴用的编码器 67 的脉冲的计数值(位置)而设为主轴的位置 PM (i)。此外,检测部 65 取得来自从动轴用的编码器 68 的脉冲的计数值(位置)而设为从动轴的位置 PD (i)(步骤 S105)。

[0120] 在不满足检测出的主轴的位置 PM(i)与同步开始主轴位置 SPM 相同且检测出的从动轴的位置 PD(i)与同步开始从动轴位置 SPD 相同的条件的情况下(在步骤 S106 中“否”),调度部 63 通过以下的步骤而继续执行追赶动作。

[0121] 控制部 66 基于凸轮曲线和追赶动作开始之后的主轴的移动量  $P(\text{PM}(i)-\text{PM}(T_s))$ ,计算在当前的动作控制周期中的从动轴的速度指令值和位置指令值。具体地说,控制部 66 作为从动轴的速度指令值而计算在对凸轮曲线进行了积分的值成为  $P \times PR$  时的从动轴的速度。此外,控制部 66 对从动轴的速度指令值进行积分,并将积分的值设为从动轴的位置指令值(步骤 S207)。

[0122] 控制部 66 对从动轴用的伺服电动机驱动器 70 输出速度指令值和位置指令值(步骤 S108)。

[0123] 调度部 63 在直到下一个动作控制循环到来为止指示待机。若下一个动作控制循环到来,则增加 i (步骤 S109)。

[0124] 另一方面,在满足检测出的主轴的位置 PM (i)与同步开始主轴位置 SPM 相同且检测出的从动轴的位置 PD (i)与同步开始从动轴位置 SPD 相同的条件的情况下(在步骤 S106 中“是”),调度部 63 结束追赶动作,并通过以下的步骤而执行齿轮动作。

[0125] 检测部 65 取得来自主轴用的编码器 67 的脉冲的计数值(位置),并根据取得的计数值的时间微分(时间差分),计算主轴的速度 VM (i)(步骤 S110)。

[0126] 控制部 66 通过将检测出的主轴的速度 VM (i)和齿轮比 GR 相乘,从而计算从动轴的速度指令值。此外,控制部 66 对从动轴的速度指令值进行积分,并将积分的值设为从动轴的位置指令值(步骤 S111)。

[0127] 控制部 66 对从动轴用的伺服电动机驱动器 70 输出速度指令值和位置指令值(步骤 S112)。

[0128] 调度部 63 在直到下一个动作控制循环到来为止指示待机(步骤 S113)。

[0129] 调度部 63 在齿轮动作结束的结束动作成立之前(在步骤 S114 中“是”),继续步骤 S110~S113 的齿轮动作。

[0130] 通过以上的动作,在主轴的速度没有从追赶动作开始时的速度 VM (Ts)变化时,在时刻 Te 中主轴的移动量成为 SSPM,从动轴的移动量成为 SSPD,从时刻 Te 之后开始同步。

[0131] 另一方面,在主轴的速度从追赶动作开始时的速度 VM (Ts)往变快的方向变化时,在时刻 Te 之前的时刻 Ta 中主轴的移动量成为 SSPM,从动轴的移动量成为 SSPD,从时刻 Ta 之后开始同步。

[0132] 此外,在主轴的速度从追赶动作开始时的速度 VM (Ts)往变慢的方向变化时,在时刻 Te 之后的时刻 Tb 中主轴的移动量成为 SSPM,从动轴的移动量成为 SSPD,从时刻 Tb 之后开始同步。

[0133] 本发明并不限于上述的实施方式,例如还包括如下的变形例。

[0134] 【变形例 1】

[0135] 另外,在本实施方式中,如图所示,凸轮曲线以直线加速、之后成为恒速、之后减速,但并不限于此。作为凸轮曲线,例如也可以使用一般已知的摆线(cycloid)曲线或Trapecloid曲线等。作为凸轮曲线的文献例,有“CamDesign and Manufacturing Handbook Second Edition (Robert L.Norton 著 INDUSTRIAL PRESS INC2009)”、“機械技術者のための実用カム機構学”(西岡雅夫著 日刊工業新聞社 2003)等。此外,也可以用多项式来表现凸轮曲线。

[0136] 【变形例 2】

[0137] 在同步开始从动轴位置存在于主轴的旋转方向的反向的情况下,追赶动作按照上述的凸轮曲线而向主轴的反向动作,在同步开始之后向主轴的旋转方向动作。

[0138] 【变形例 3】

[0139] 即使在追赶动作中在主轴中产生异常而停止的情况下,或者对主轴输出了停止指令的情况下,从动轴也保持按照上述的凸轮曲线而持续了同步关系的状态。

[0140] 【变形例 4】

[0141] 在同步开始主轴位置或同步开始从动轴位置超越了位置计数器的一周的情况下,用户也可以指定是否对用户程序发报异常或者多旋转。

[0142] 例如,在位置计数器为 $0\sim 360\text{deg}$ 的情况下,从用户程序指定了 $720\text{deg}$ 作为同步开始主轴位置的情况下,也可以指定是否对用户程序通知异常还是从 2 个旋转之后的 $0\text{deg}$ 起开始同步。

[0143] 【变形例 5】

[0144] 在追赶动作中,在图 5 中,主轴的速度大幅变化、超过了预先指定的阈值的情况下,也可以在将此时的主轴的速度设为 $VM(Ts1)$ 时,将同步开始位置中的从动轴的目标速度从 $VM(Ts)\times GR$ 变化为 $VM(Ts1)\times GR$ ,并重新计算凸轮曲线。

[0145] 应认为本次公开的实施方式在所有方面都是例示,并不是限制性的。本发明的范围并非由上述的说明所表示,而是由权利要求书所表示,意图包括与权利要求书的范围等同的含义和范围内的全部变更。

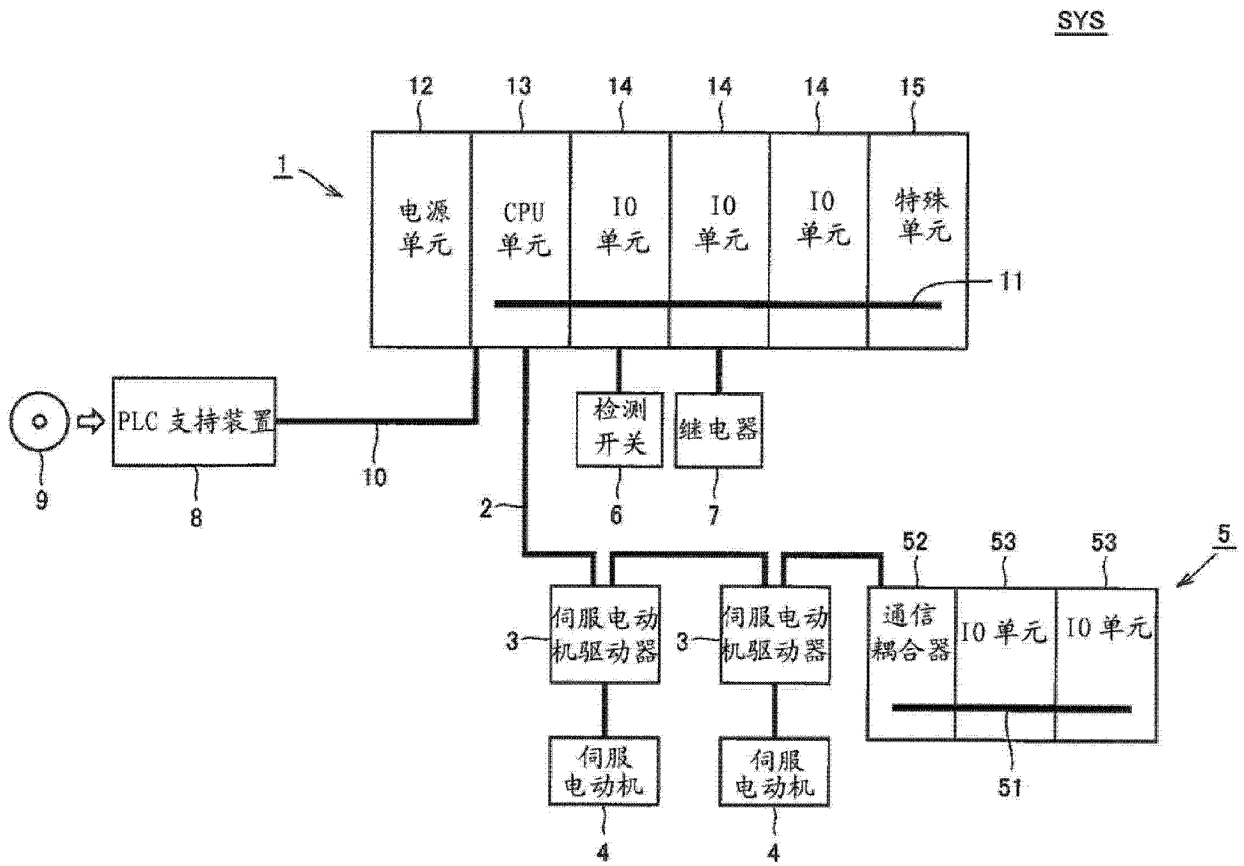


图 1

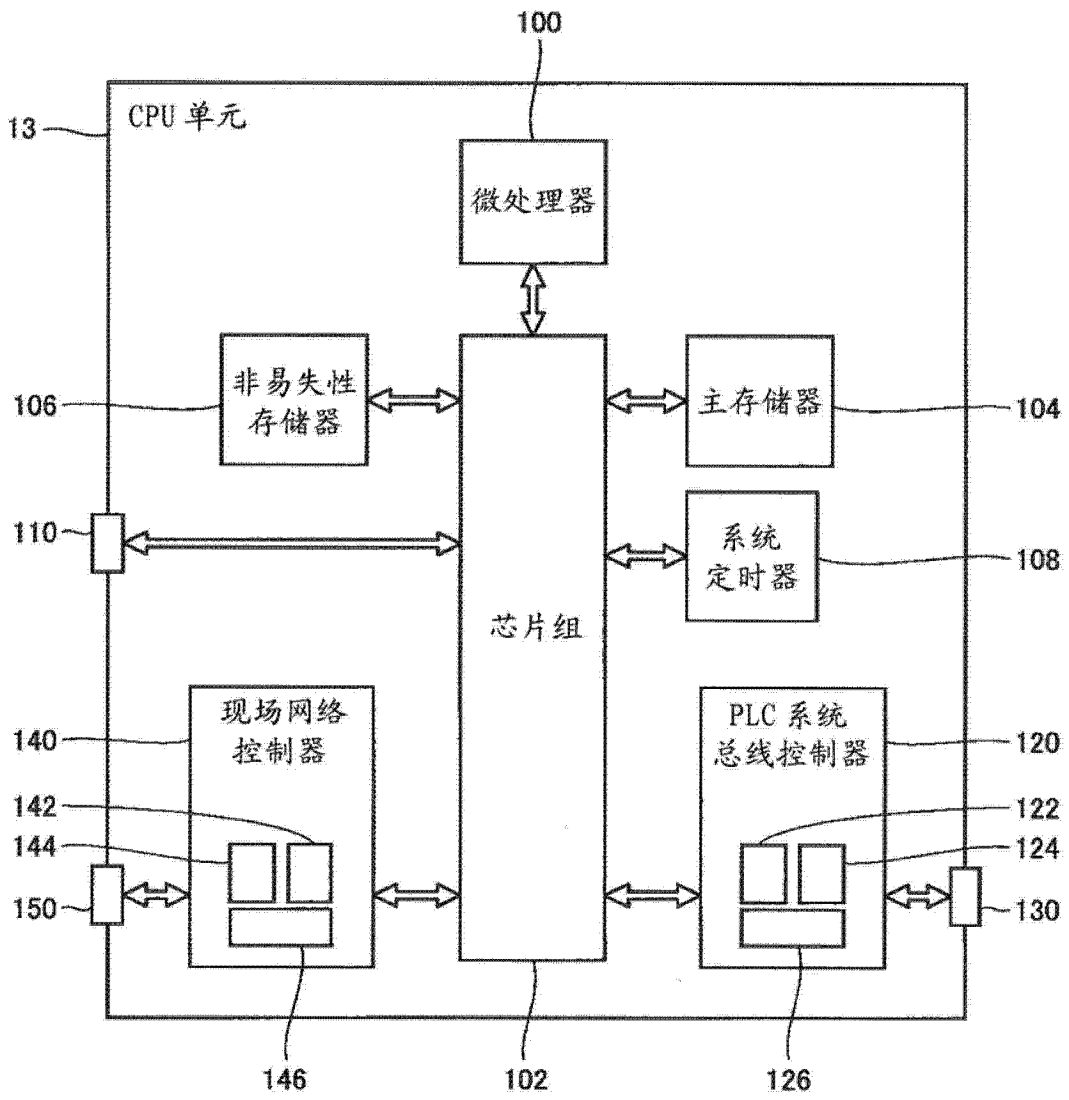


图 2

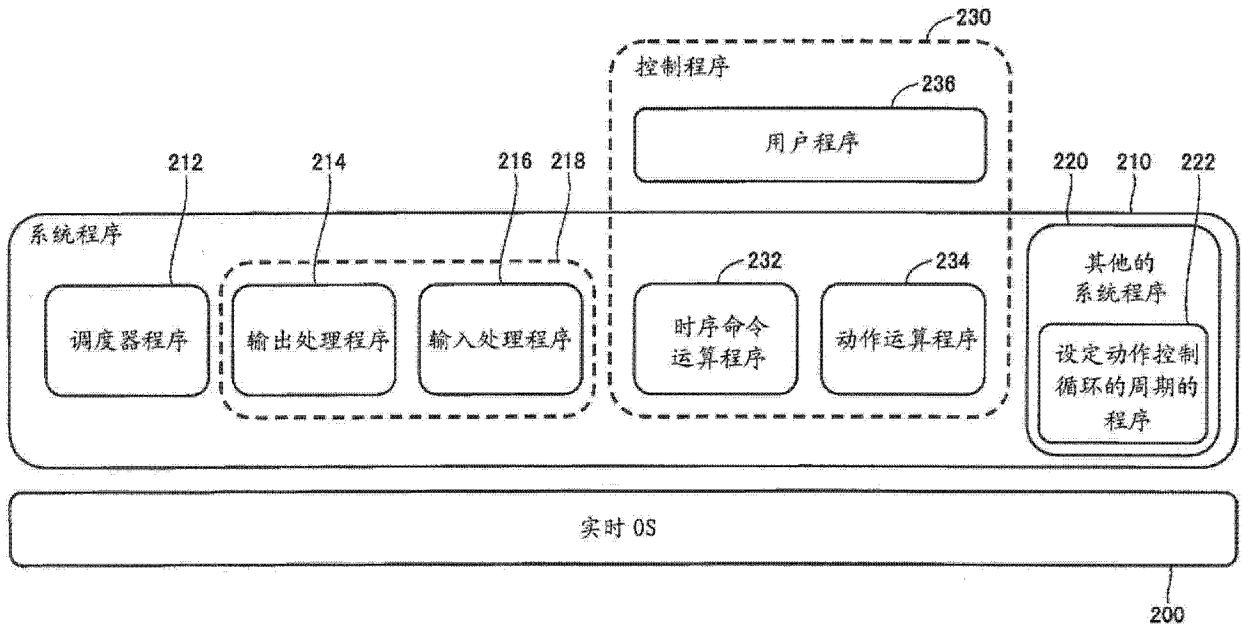


图 3



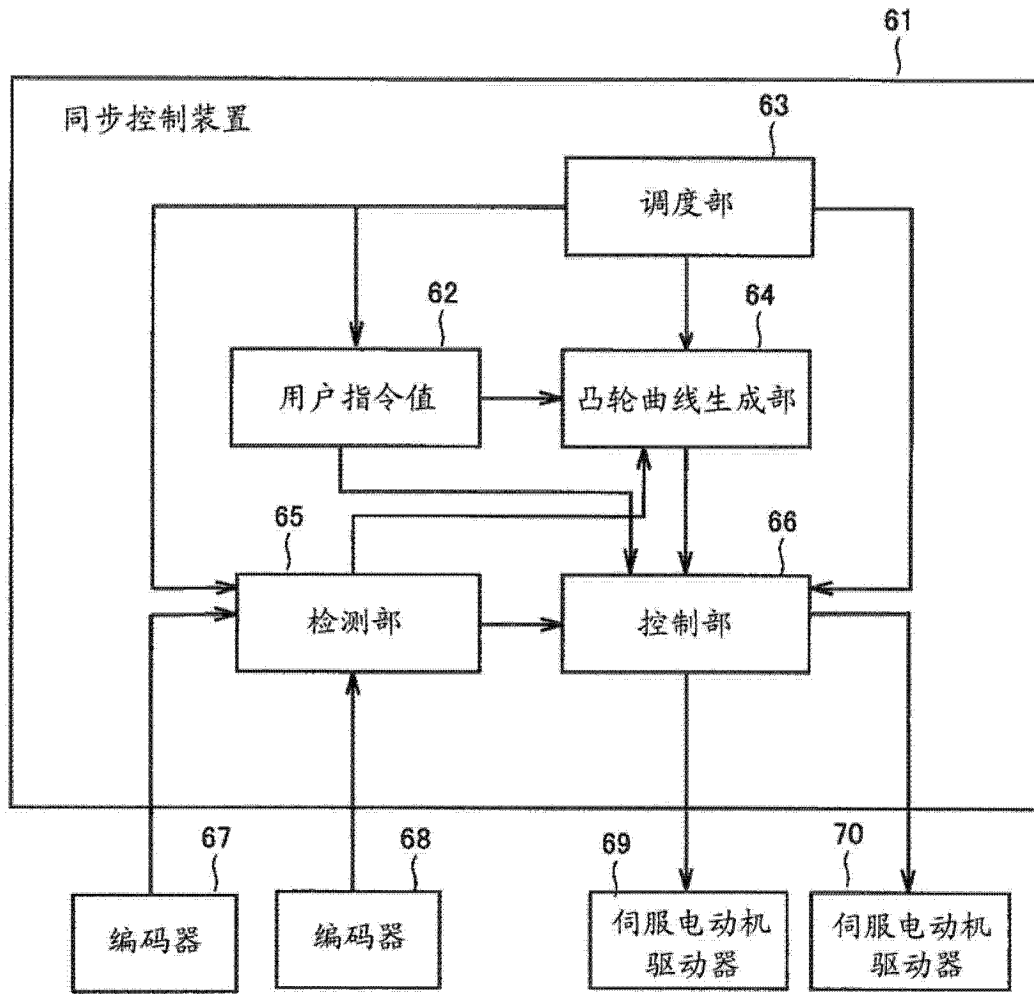


图 4

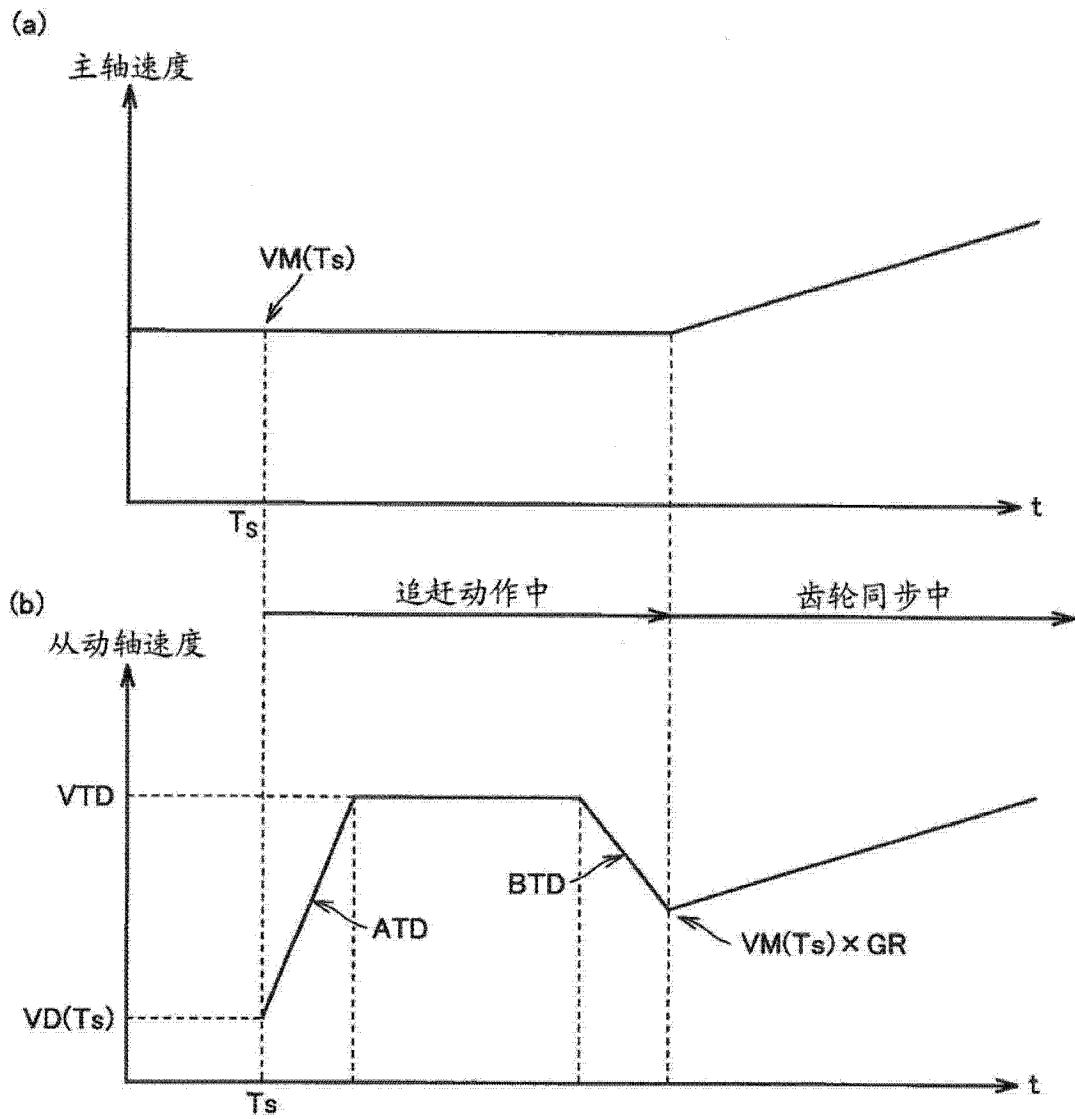


图 5

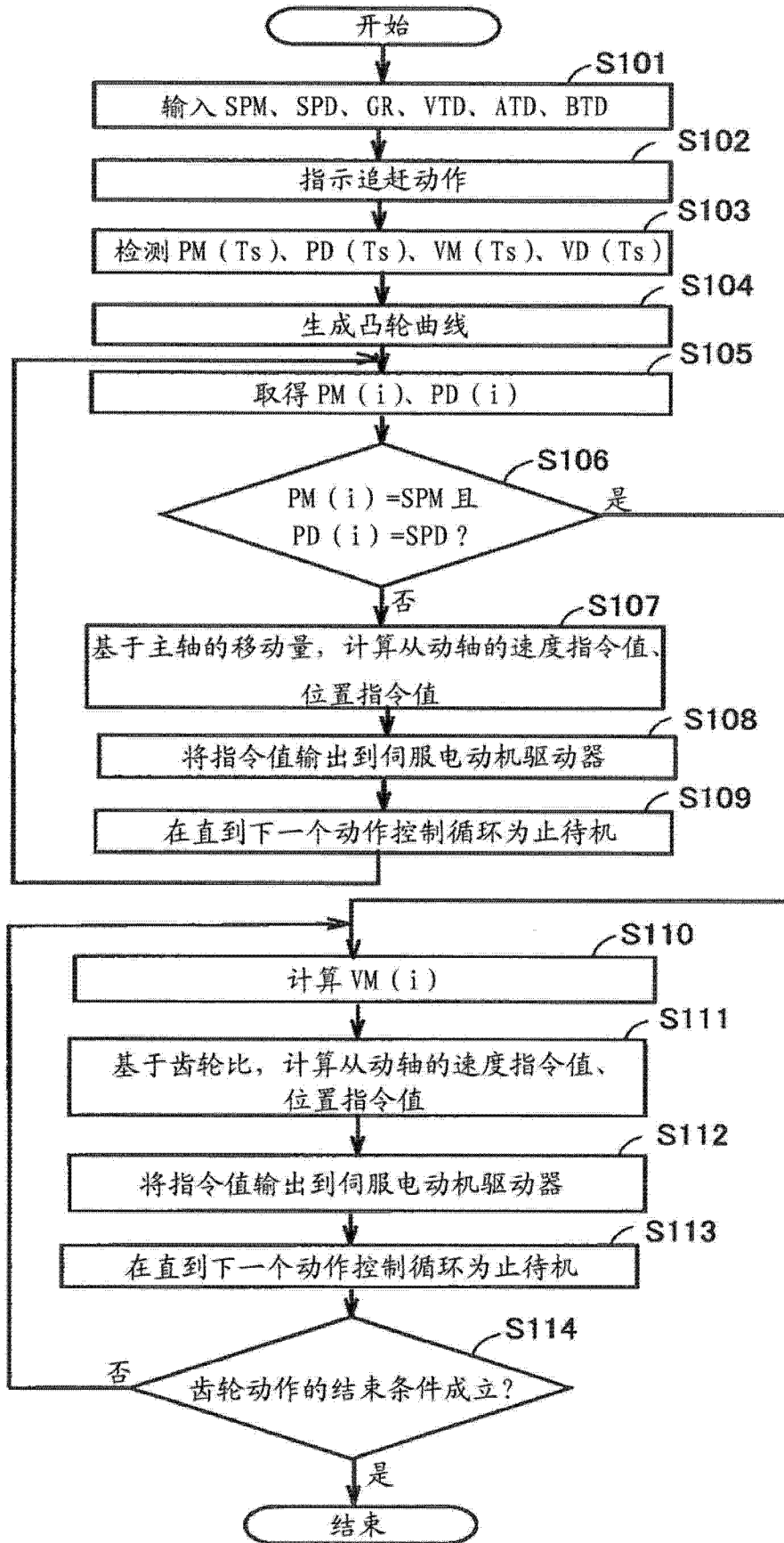


图 6

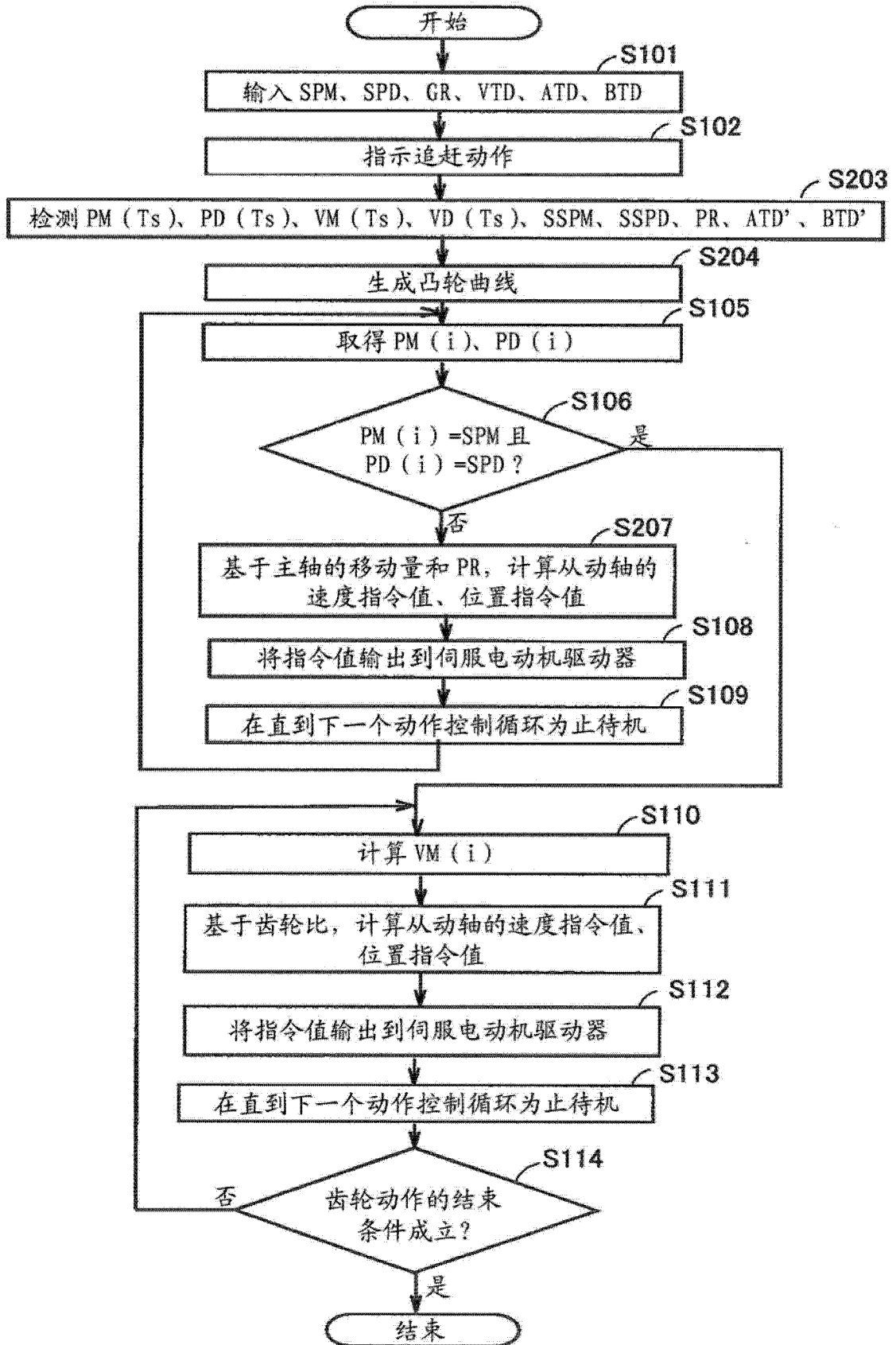


图 7

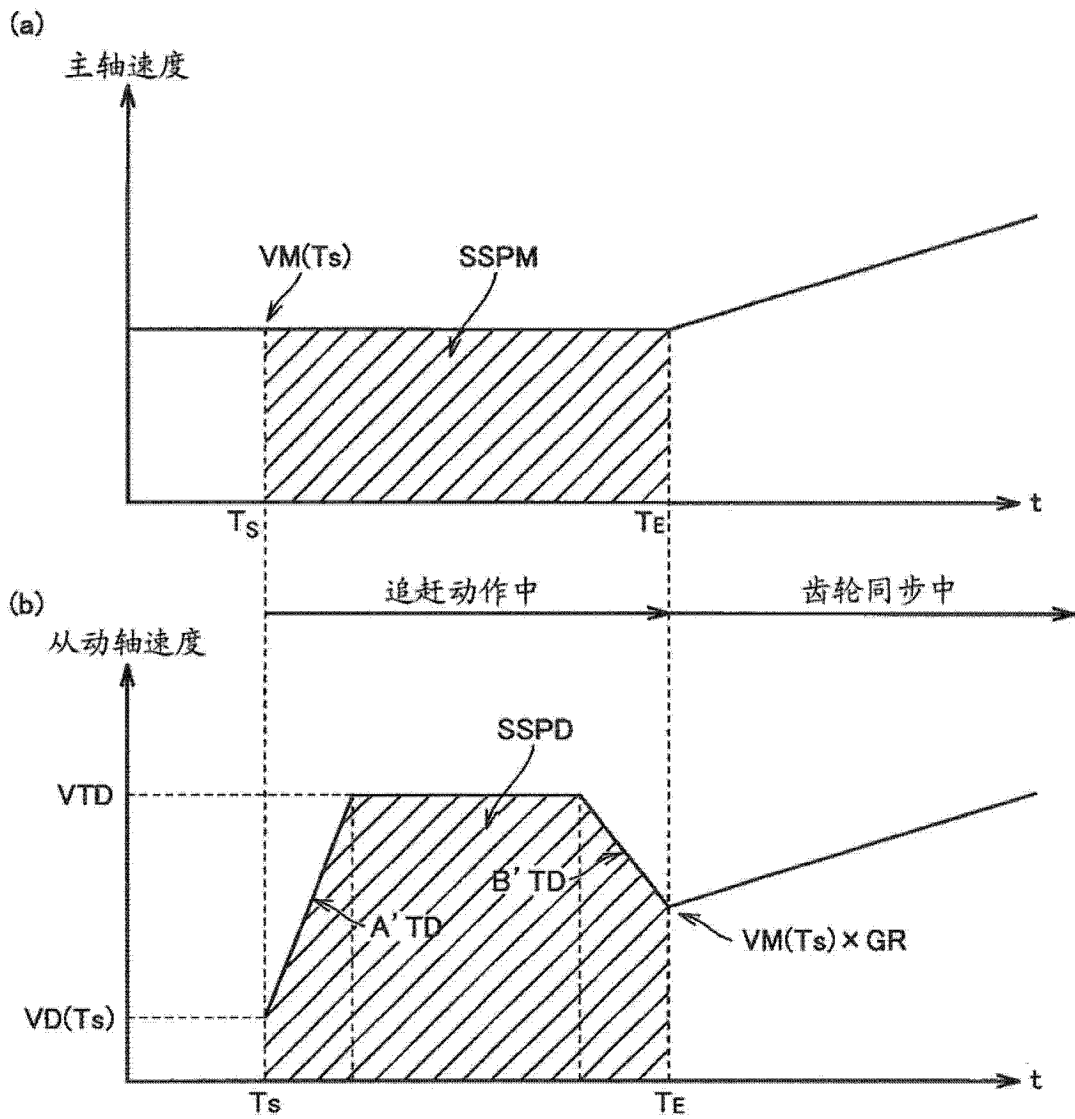


图 8